

### Библиографические ссылки

1. *Detyniecki M.* Mathematical Aggregation Operators and their Application to Video Querying. Universite Curie. 2000. November.
2. *Гонсалес Р., Вудс Р.* Цифровая обработка изображений. М. : Техносфера, 2005. 1072 с.
3. Электронная энциклопедия Википедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://en.wikipedia.org>.

## УСТРОЙСТВО РЕГИСТРАЦИИ СИГНАЛА НА ВЫХОДЕ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ВИНТОВОГО МАГНИТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

*И. М. Мотошин*

(Екатеринбург, УрФУ, [imotoshin@ya.ru](mailto:imotoshin@ya.ru))

Научный руководитель: аспирант кафедры РТС ИРИТ-РТФ УрФУ

*Г. Ф. Захаркин*

В [1] рассматривался вариант построения протяженного магнитометрического преобразователя (МП), который представляет собой двухлинейный контур, равномерно скручивающийся в винт вдоль оси у декартовой системы координат  $XYZ$  с продольным периодом (шагом), равным  $2b$  (рис. 1). Малый поперечный размер винтовой структуры (ширина контура  $a$ ) позволяет считать преобразователь однолинейным. Такой МП характеризуется простотой конструкции и технологии изготовления, малыми стоимостью и весом. В качестве объекта обнаружения рассматривался нарушитель с ферромагнитным предметом (оружие, снаряжение и пр.), который в первом приближении отождествлялся магнитным диполем  $M$ , коллинеарно перемещающимся на высоте  $h$  с равномерной скоростью  $V$ , перпендикулярно оси МП. Объектами обнаружения (ОО) – нарушителями – являются транспортные средства и техника, а также люди, имеющие при себе оружие (нож, пистолет, автомат), ручной инструмент (пассатижи, кусачки и т. д.).

В [2] была предложена обобщенная модель сигналаобразования, позволяющая осуществлять численный расчет напряжения

на выходе МП как функции времени при движении ОО по различным траекториям.

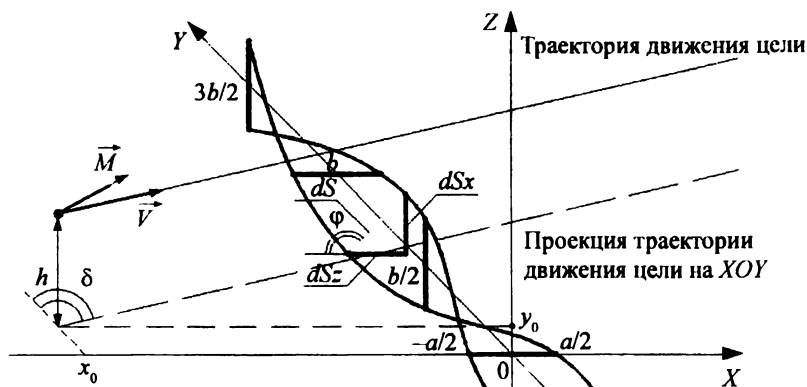


Рис. 1. Структура винтообразного магнитометрического преобразователя

Для оценки адекватности модели и экспериментального исследования сигналов на выходе винтового преобразователя на кафедре радиоэлектронных и телекоммуникационных устройств УрФУ была разработана и изготовлена лабораторная установка, состоящая из макета магнитометрического преобразователя, аналогового тракта усиления, фильтрации и ОО.

Структурная схема установки приведена на рис. 2. На схеме обозначено: ДУ – дифференциальный усилитель; УПТ – усилитель постоянного тока;  $K_y$  – схема управления коэффициентом усиления УПТ.

Исследуемый лабораторный МП состоит из пластикового полого сердечника длиной 8 м, на который плотно нанизаны пластиковые кольца. В кольцах с шагом в  $90^\circ$  имеются 4 отверстия, в которые продеты проводники, образующие магнитный преобразователь. Таким образом, МП представляет собой два винтовых контура с регулируемой базой (шагом скрутки), сдвинутых друг относительно друга по фазе скрутки на  $90^\circ$  (см. рис. 3). Макет преобразователя полностью соответствует предложенному в [1; 2] прототипу, не содержит ферромагнетиков, обеспечивает относительную чистоту эксперимента.

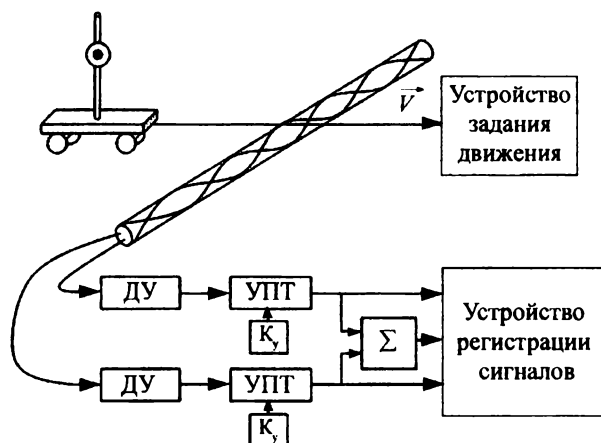


Рис. 2. Установка для экспериментального исследования сигналов, формируемых на выходе магнитометрического преобразователя

Регистрация сигналов на выходе МП от движущегося объекта обнаружения осуществляется многоканальным цифровым осциллографом Tektronix DPO2024. Поскольку исследуемый полезный сигнал имеет весьма низкий уровень (десятки нВ), аналоговый тракт установки должен обеспечивать высокое усиление и, по возможности, подавление внеполосных шумов.

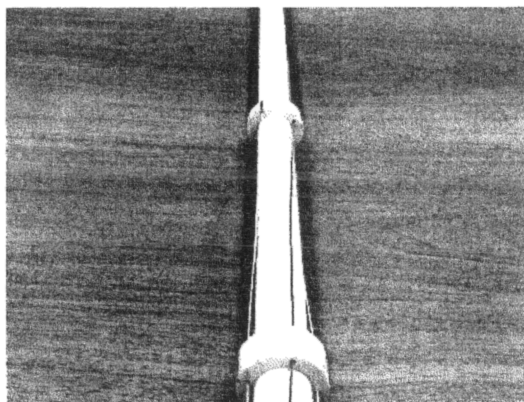


Рис. 3. Экспериментальный двухканальный магнитометрический преобразователь

Для удовлетворения этих требований были изготовлены два идентичных многокаскадных усилителя (см. рис. 2) на базе прецизионных маломощных операционных усилителей типа AD 797 [3]. Первый каскад усилителей является дифференциальным и обеспечивает усиление с коэффициентом, равным 100, и переход от парафазного выхода МП к однофазному. Следующие два каскада собраны по классической схеме инвертирующего масштабного усилителя, с возможностью дискретного изменения коэффициента усиления путем коммутации резисторов в цепи обратной связи. Ко входу каждого многокаскадного усилителя подключается выход одного из контуров магнитного преобразователя. Выходы усилителей подаются на вход суммирующего каскада, на выходе которого формируется совокупный сигнал. Завершает усилительный тракт полосовой фильтр 8-го порядка с полосой пропускания от 0,1 до 32 Гц, что соответствует теоретически ожидаемому спектру полезного сигнала [4]. Многоканальный осциллограф позволяет одновременно наблюдать и регистрировать как совокупное выходное напряжение от двух контуров, так и сигналы на выходе каждого из каналов аналогового тракта. «Сквозной» коэффициент усиления аналогового тракта по постоянному току превышает значение  $10^6$ .

В качестве объекта обнаружения при проведении измерений используется тарированный постоянный магнит с магнитным моментом, равным  $1 \text{ А} \cdot \text{м}^2$ . Равномерное и прямолинейное движение ОО обеспечивается с помощью диамагнитной (сухой деревянной) платформы с пластиковыми колесами, на которой вертикально устанавливается пластиковая штанга (рис. 4). К штанге крепится градуированный лимб, на котором фиксируется магнит. Лимб с магнитом может свободно вращаться относительно горизонтальной оси и перемещаться вверх-вниз вертикально по штанге. Штанга может вращаться вокруг вертикальной оси. Для контроля угла поворота штанги на горизонтальную плоскость платформы также нанесен градуированный лимб. В целом конструкция обеспечивает возможность задавать высоту движения объекта обнаружения и направление его магнитного момента. Платформа приводится в движение с помощью двигателя постоянного тока и нерастяжимой нити, что позволяет регулировать ее скорость и обеспечивает возможность реверсивного хода.

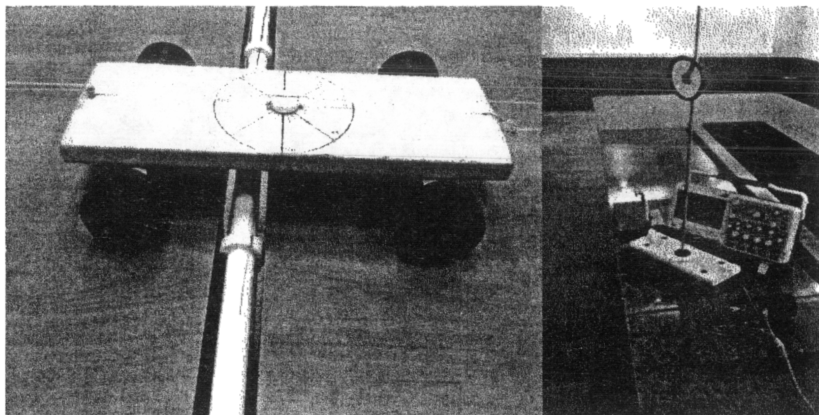


Рис. 4. Система транспортировки объекта обнаружения

Экспериментальные исследования сигналов на выходе МП осуществляются по следующей методике. Платформа, на которой установлен магнит, имитирующий объект обнаружения, движется с равномерной скоростью над макетом магнитного преобразователя, на некоторой высоте. Движение магнита приводит к возмущению магнитные поля вблизи МП, вызывая в нем появление э. д. с. индукции. Выходное напряжение, как функция времени, фиксируется в памяти осциллографа. Затем записывается в файл табличного формата, что позволяет его обрабатывать стандартными приложениями. Каждый файл имеет уникальное имя, снабжается соответствующими комментариями с информацией об условиях и параметрах проведения эксперимента и содержит, таким образом, одиночную реализацию полезного сигнала (рис. 5). Совокупность файлов должна представлять собой некоторую универсальную базу экспериментальных сигналов, формирование которой находится в настоящее время в начальной стадии.

Таким образом, разработанная и изготовленная лабораторная установка является универсальной, обеспечивает возможность изменять условия проведения измерений в широких пределах и отвечает потребностям научного исследования периметровых средств обнаружения на основе винтового магнитометрического преобра-

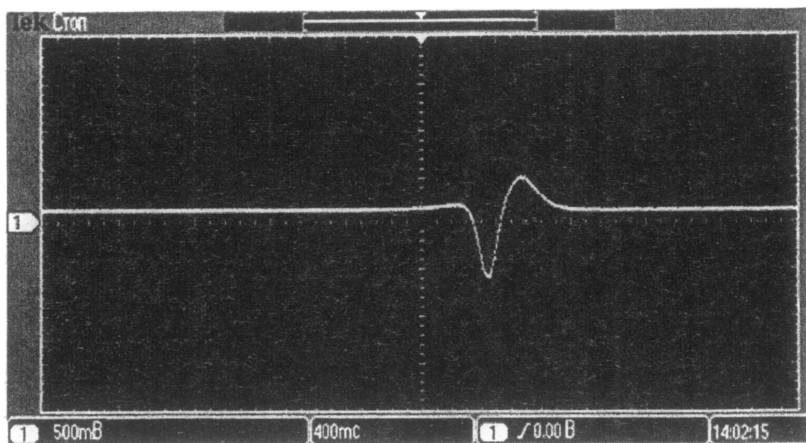


Рис. 5. Пример сигнала на выходе преобразователя

зователя. Следует отметить, что регистрируемые сигналы хорошо согласуются с теоретически рассчитанными реализациями.

### Библиографические ссылки

1. Звездинский С. С. Сигналообразование в однолинейном магнитометрическом средстве обнаружения // Проблемы и перспективы разработки, совершенствования и применения технических средств охраны границы : материалы XVI межвуз. науч.-практ. конф. Калининград : КПИ, 2005. № 16. Ч. 3, кн. 1. С. 55–68.

2. Звездинский С. С., Духан Е. И., Захаркин Г. Ф. Уточненная математическая модель однолинейного винтового магнитометрического преобразователя // Территориально-распределенные системы охраны : материалы III Всерос. науч. конф. Калининград : КПИ, 2011. № 1. С. 77–80.

3. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: The Art of Electronics / пер. с англ. Б. Н. Бронина, А. И. Коротова, М. Н. Микшиса, Л. В. Поспелова, О. А. Соболева, Ю. В. Чететкина. 5-е изд., доп. М. : Мир, 1986. С. 184–243.

4. Парселл Э. Электричество и магнетизм : учеб. руководство / пер. с англ.; под ред. А. И. Шальникова и А. О. Вайсберга. 3-е изд., испр. М. : Наука, 1983. 416 с.